

12. Зайцев А.В., Левин Л.Ю., Казаков Б.П., Клюкин Ю.А. Теплотехнические системы нормализации микроклиматических параметров воздуха в глубоких рудниках ЗФ ПАО «ГМК «Норильский никель» // Горн. журн. – 2018. – № 6. – С. 34-40.
13. Левин Л.Ю., Семин М.А., Зайцев А.В. Разработка математических методов прогнозирования микроклиматических условий в сети горных выработок произвольной топологии // Физико-технические проблемы разработки полезных ископаемых. – 2014. – № 2. – С. 154-161.
14. He M.-c. Application of HEMS cooling technology in deep mine heat hazard control // Mining Science and Technology. – 2009. – V. 19, № 3. – P. 269-275.
15. Правила по обеспечению промышленной безопасности при разработке подземным способом соляных месторождений Республики Беларусь: утв. 30.08.2012, № 45. В ред. Постановлений МЧС от 10.04.2014 № 10, от 19.11.2014 № 34, от 23.03.2017 № 7. – Текст электронный. – URL: <https://gospromnadzor.mchs.gov.by/upload/iblock/940/13.-pravila-po-obespecheniyu-promyshlennoy-bezopasnosti-pri-razrabotke-podzemnym-sposobom-solyanykh-mestorozhdeniy-respubliki-belarus.pdf>. (Дата обращения 1.10.21).
16. Об утверждении Санитарных норм и правил «Требования к микроклимату рабочих мест в производственных и офисных помещениях», Гигиенического норматива «Показатели микроклимата производственных и офисных помещений»: Постановление Минздрава РБ, от 30.04.2013 г. №33. – Текст электронный. – URL: <http://bresttorg.by/DswMedia/pmz33.pdf>. (Дата обращения 1.10.21).
17. Инструкция по оценке условий труда при аттестации рабочих мест по условиям труда: утв. Постановлением М-ва труда и соцзащиты РБ от 22.02.2008 №35. – Текст электронный. – URL: <https://ohranatruda.of.by/instruktsiya-po-otsenke-uslovij-truda-pri-attestatsii-rabochikh-mest-po-usloviyam-truda-2020.html>. (Дата обращения 1.10.21).

УДК 622.4

DOI:10.7242/echo.2021.4.20

ГАЗОВЫЙ РЕЖИМ В СОВРЕМЕННОЙ КОНЦЕПЦИИ РУДНИЧНОЙ ВЕНТИЛЯЦИИ

Е.Л. Гришин

Горный институт УрО РАН, г. Пермь

Аннотация: В работе описаны основы концепции рудничной вентиляции, базирующейся на контроле качественного состава воздуха в рабочих зонах подземных рудников и действующих горных выработках при его эффективном, в том числе повторном, использовании. Данный подход позволяет максимально использовать потенциал подаваемого в шахту воздуха для обеспечения предельно допустимых содержаний взрывоопасных и ядовитых газов в рудничной атмосфере. Однако рассматриваемый подход к использованию воздуха требует изменения и расширения как самого понятия газовый режим рудника, так и мероприятий, его составляющих. Описаны основные направления корректировки газового режима с примерами полученных по этим направлениям научных результатов, а также эффекта в реальных условиях шахт и рудников.

Ключевые слова: газовый режим, рудничная вентиляция, оксиды азота, воздух рабочей зоны.

Современная концепция рудничной вентиляции

В соответствии с требованиями промышленной безопасности аэрологическая безопасность при ведении подземных горных работ достигается за счет определения источников выделения опасных и ядовитых веществ в рудничную атмосферу и обеспечения каждого такого источника загрязнения требуемым расходом свежего воздуха. При этом очень важным становится процесс доставки чистого воздуха в нужном объеме непосредственно до источника. В этом заключается классическая задача рудничной вентиляции.

Современное состояние горнодобывающей отрасли вносит существенные коррективы в процесс проветривания шахт и рудников. В результате образуется современ-

ная концепция рудничной вентиляции, складывающаяся под влиянием следующих факторов.

1. Высокая степень концентрации горных работ. Экономическая составляющая добычи полезных ископаемых диктует необходимость увеличения плотности ведения горных работ, когда максимальное количество рабочих зон сосредоточено в локальном объеме залежи, рудного тела. Это приводит к тому, что непосредственно добычные горизонты, участки горных работ представляют каждый сам по себе достаточно сложную систему вентиляции даже без учета всей остальной части вентиляционной сети рудника.
2. Непостоянство рабочих зон. Технологии буровзрывной добычи полезных ископаемых обеспечивают настолько интенсивный процесс горных работ, что в рудничной вентиляционной сети сложно выделить стационарные рабочие зоны, являющиеся основным потребителем свежего воздуха.
3. Очень высокие темпы ведения горных работ. Также является следствием увеличения производительности добычного звена. В совокупности с предыдущим фактором приводят к тому, что сложная вентиляционная система добычного горизонта или участка горных работ обладает к тому же непостоянной во времени топологией.

Указанные факторы приводят к тому, что в реальных условиях обеспечение подачи необходимых расходов воздуха в отдельные рабочие зоны происходит при задействовании таких процессов, как частичная рециркуляция [1] и последовательное проветривание [2].

В рамках описанной концепции рудничной вентиляции возникают специфические требования к организации проветривания добычных горизонтов, участков горных работ в общем и рабочих зон в частности:

- расчет и обеспечение подачи воздуха на достаточно крупный участок вентиляционной сети (например, добычной или подсечной горизонт) по максимальному суммарному потреблению отдельных рабочих зон;
- обеспечение требуемых скоростей воздуха в забоях за счет местных средств вентиляции (например вентиляторов местного проветривания) по фактору газовыделения;
- регулирование подачи воздуха в рабочую зону в процессе работ – вентиляция по требованию;
- наличие оперативных средств контроля состава атмосферы в рабочих зонах как элемента управления подачей воздуха.
- наличие индивидуальных средств контроля состава атмосферы непосредственно у горнорабочих.

Необходимые требования газового режима

Нормативные требования газового режима описываются пунктами 162-166 Федеральных норм и правил в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых». В рамках современной концепции рудничной вентиляции требования промышленной безопасности в условиях газового режима являются неполными в силу следующих аспектов.

1. Требование и само понятие газового режима в настоящий момент в рамках действующей редакции правил безопасности ориентировано в основном на горючие газы природного возникновения, т.е. образующиеся и выделяющиеся в рудничную атмосферу непосредственно из породного массива или отбитой горной массы. Присутствует упоминание ядовитых газов природного возник-

новения. При этом не регламентируются мероприятия газового режима по обеспечению промышленной безопасности в случае наличия газов техногенной природы. Практика разработки Специальных мероприятий по ведению работ в условиях газового режима также показывает их ориентированность на взрывоопасные газы.

2. Вопрос взрывоопасности в рамках газового режима детально проработан с точки зрения организационных и технических мероприятий. Несмотря на упоминание ядовитых газов, в рамках газового режима не предлагаются и не регламентируются требования и мероприятия по обеспечению безопасности. При этом имеется негативный опыт возникновения инцидентов, связанных с образованием опасных концентраций ядовитых газов. Об этом свидетельствуют проведенные научные исследования природы образования газов, разработки мероприятий по безопасному ведению работ в условиях выделения в рудничную атмосферу ядовитых газов природного и техногенного характера в условиях калийных [3], полиметаллических рудников [4-6].
3. В настоящее время в рудниках ввиду широкого использования буровзрывных технологий и техники с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) основной вредностью, выделяющейся в рудничную атмосферу, являются техногенные ядовитые газы, а именно окислы азота и угарный газ. В условиях большого количества источников выделения этих газов они представляют опасность не только непосредственно в рабочих зонах, как местах их образования, но и в пределах добычных участков (подсечных горизонтов). Для рассматриваемых техногенных ядовитых газов в рамках действующей нормативной базы промышленной безопасности имеются следующие недостатки.
 - Отсутствие точного состава контролируемых газов. В правилах безопасности [7], а также в нормативных документах, определяющих требования к воздуху рабочей зоны [8,9], нормируется содержание окислов азота NO_x в пересчете на диоксид азота NO_2 . При этом не указывается, какие именно окислы азота необходимо контролировать. Имеющиеся приборы измерения окислов азота NO_x рассчитывают содержание на основе содержания монооксида NO и диоксида азота NO_2 .
 - Наличие в нормативной документации двух не связанных ПДК NO_x (в пересчете на NO_2) и непосредственно NO_2 . При этом NO_2 является составной частью NO_x . Это создает путаницу, усложняет оценку условий труда. Кроме того, если руководствоваться исключительно требованиями правил безопасности [7] и измерять только оксиды азота NO_x , например индикаторными трубками, то можно допустить превышение непосредственно диоксида азота.
 - Отсутствие ПДК на NO . В нормативных требованиях в настоящее время отсутствует нормирование содержания монооксида азота, несмотря на то, что именно монооксид азота NO является основным продуктом выхлопных газов ДВС. Образование же диоксида азота NO_2 происходит в результате химической реакции отработанных выхлопных газов с воздухом в рудничной атмосфере. Таким образом в рабочей зоне находится не условный искусственный NO_x , а вполне конкретные, обладающие каждый своим влиянием на здоровье человека, монооксида NO и диоксида азота NO_2 .
 - Отсутствие конкретики в понятии *Окислы азота NO_x* . Это искусственное понятие, цель которого – учесть процесс перехода оксидов азота из простых в сложные при наличии достаточного количества кислорода. При этом нормирование NO_x производится в пересчете на диоксид азота NO_2 как газ, обладающий наиболее негативным влиянием на здоровье человека. Ввиду нестабильности и обрати-

мости процесса образования сложных оксидов азота из простых является неочевидным, какое именно количество NO_2 образуется в результате. Исследования показывают, что в рудничной атмосфере не более 20% выделившегося монооксида азота окисляется до диоксида азота NO_2 , а непосредственно в рабочей зоне – не более 15%.

- Отсутствие методов прямого измерения NO_x ввиду искусственности самого понятия. Приборы по измерению содержания NO_x производят доокисление всего имеющегося монооксида азота до диоксида азота, после чего происходит измерение количества всего диоксида азота с учетом его непосредственного содержания. Данный подход справедлив для учета атмосферных выбросов, но совершенно не подходит для расчета вредных факторов рабочей зоны.
- Отсутствие методики расчета суммарных окислов азота NO_x по данным содержания в воздухе монооксида и диоксида азота NO_2 . Вследствие чего прямые измерения содержания монооксида NO и диоксида азота NO_2 в рабочей зоне не позволяют произвести оценку условий труда.

Вышеописанные аспекты требуют изменения подходов к газовому режиму в рамках современной концепции рудничной вентиляции и пересмотра действующей нормативной базы.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kazakov B., Trushkova N., Shalimov A., Grishin E. On the possibility of using controlled air recirculation in potash and metal mines // International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM: 20th SGEM 2020, Bulgaria, Albena, 18-24 August 2020. – V. 2020, № 1.2. – P. 203-210. – DOI: 10.5593/sgem2020/1.2/s03.026.
2. Колесов Е.В. Обоснование последовательного проветривания рабочих зон нескольких тупиковых выработок // Стратегия и процессы освоения георесурсов: сб. науч. тр. Вып. 16 / ГИ УрО РАН. – Пермь, 2018. – С. 291-295. – DOI: 10.7242/gdsp.2018.16.78.
3. Норина Н.В., Исаевич А.Г. Разработка методов и технических средств нейтрализации серосодержащих соединений в атмосфере калийных рудников // Изв. Тульского гос. ун-та. Науки о Земле. – 2020 – № 3. – С. 318-324.
4. Левин Л.Ю., Кормщиков Д.С., Гришин Е.Л. Исследование процессов изменения рудничной атмосферы для определения причин произошедшего группового несчастного случая на одном из рудников РФ // Горное эхо. – 2020. – № 3 (80). – С. 115-119. – DOI: 10.7242/echo.2020.3.22.
5. Левин Л.Ю., Кормщиков Д.С., Семин М.А. Решение задачи оперативного расчета распределения продуктов горения в сети горных выработок // Горный информационно-аналитический бюллетень (научно-технический журнал). – 2013. – № 12. – С. 179-184.
6. Портола В.А., Крупник Л.А., Шапошник Ю.Н., Шапошник С.Н. Изучение влияния различных факторов на выделение ядовитых газов при самовозгорании сульфидных руд // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. – 2020. – Т. 7, №. 1. – С. 124-130. – DOI: 10.15372/FPVGN2020070119.
7. Федеральные нормы и правила в области промышленной безопасности «Правила безопасности при ведении горных работ и переработке твердых полезных ископаемых»: утв. 08.12.2020, № 505, действуют с 01.01.2021 г. – М.: ЗАО «НТИЦ исследований проблем пром. безопасности, 2021. – 520 с. – (Документы межотраслевого применения по вопросам промышленной безопасности и охраны недр: сер. 03, вып. 78).
8. СанПиН 1.2.3685-21. Гигиенические нормативы и требования к обеспечению безопасности и (или) безвредности для человека факторов среды обитания: утв. гл. сан. врачом РФ 28.01.2021; зарегистрированы в Минюсте РФ 29.01.2021, № 62296. – Текст электронный // Консорциум КОДЕКС. Электронный фонд правовой и нормативно-технической документации: офиц. сайт. – URL: <https://docs.cntd.ru/document/573500115>.
9. ГОСТ 12.1.005-88. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. – М.: Госстандарт СССР, 1988. – 49 с.